

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-357498

(43) 公開日 平成4年(1992)12月10日

| (51) Int.Cl. ⁵ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|-------------------------------|------|-----------|--------------|--------|
| G 2 1 F 5/012 | | | | |
| G 2 1 C 19/32 | | R 7156-2G | | |
| G 2 1 F 5/00 | | 8805-2G | G 2 1 F 5/00 | J |
| | | 8805-2G | | K |
| 審査請求 有 請求項の数40(全 10 頁) 最終頁に続く | | | | |

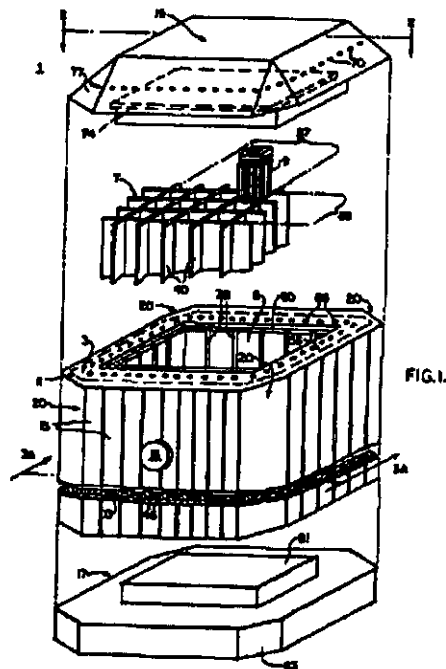
| | | | |
|--------------|-----------------|----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願平3-202545 | (71) 出願人 | 590004419 ウエスチングハウス・エレクトリック・コーポレーション WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION アメリカ合衆国、ペンシルベニア州、ピッツバーグ、ゲイトウェイ・センター (番地なし) |
| (22) 出願日 | 平成3年(1991)7月17日 | (72) 発明者 | ラリー エドワード エフアーディング アメリカ合衆国 ワシントン州 リッチランド ジェイ-147 ジョージ ワシントン ウェイ 2455 |
| (31) 優先権主張番号 | 5 5 3 5 1 5 | (74) 代理人 | 弁理士 加藤 紘一郎 (外2名) |
| (32) 優先日 | 1990年7月18日 | | |
| (33) 優先権主張国 | 米国 (U S) | | |

(54) 【発明の名称】 放射性構造体の貯蔵キャスク及びその製作方法

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 核燃料集合体のための軽量で且つ安価な原子炉施設内貯蔵専用キャスクを提供する。

【構成】 貯蔵キャスク1は主構成要素として、矩形列状に配置された放射性的核燃料集合体9と形状が相補するキャスク内部5を固定する壁組立体3を有する。壁組立体3は、互いに平行な側縁部を備えた一様厚さの複数の平らな金属製板状壁部材から成り、側縁部は、板状壁部材の厚さを部分的にしか侵入しない溶接部によって互いに接合されている。キャスクは、壁組立体の底部に取り付けられた床板17及び壁組立体の頂部に着脱自在に装着できる蓋19を更に有する。ホウ酸を混ぜたアルミニウム製の仕切り板87、89を互いに平行で且つ等間隔を置いた関係で碁盤目状に組んで形成したバスケット組立体7が、キャスクの矩形内部5に収納される。重量を最少限に抑えるために、壁組立体の各コーナー部が面取りされる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 横断面が多角形の放射性構造体を貯蔵するキャスクにおいて、放射性構造体と形状が相補する横断面が多角形のキャスク内部を固定する壁組立体と、壁組立体の底部に取り付けられた床板と、壁組立体の頂部に着脱自在に装着できる蓋とを有し、壁組立体は、互いに平行な状態で接合された側縁部を備え、厚さが一様な複数の平らな金属製板状壁部材から成ることを特徴とする貯蔵キャスク。

【請求項2】 放射性構造体は列状に配置された燃料集合体であり、壁組立体の厚さは表面放射線量を毎時100ミリレム未満にするのに十分なものであることを特徴とする請求項1の貯蔵キャスク。

【請求項3】 壁組立体の壁は、複数の金属製板状壁部材の層を積層して形成したものであることを特徴とする請求項1の貯蔵キャスク。

【請求項4】 同一の前記層内の隣合う板状壁部材の側縁部は溶接部によって接合されていることを特徴とする請求項3の貯蔵キャスク。

【請求項5】 同一の前記層内の隣合う板状壁部材を接合する溶接部は、板状壁部材の厚さの一部に延びていることを特徴とする請求項4の貯蔵装置。

【請求項6】 同一の前記層内の隣合う板状壁部材を接合する溶接部は、板状壁部材の厚さの約半分までしか延びていないことを特徴とする請求項4の貯蔵キャスク。

【請求項7】 壁組立体の各壁は単一の板状壁部材で構成され、隣合う板状壁部材の互いに平行な側縁部は、全ての板状壁部材の厚さ全体の約20%以上にわたっては侵入しない溶接部によって接合されていることを特徴とする請求項1の貯蔵キャスク。

【請求項8】 板状壁部材の接合状態にある側縁部は壁組立体の周囲の一定箇所にコーナー部を形成し、各コーナー部は、キャスクの重量を軽減するため、壁組立体の遮蔽特性がコーナー部と板状壁部材の中央部分で実質的に等しくなる程度まで面取りされていることを特徴とする請求項1の貯蔵キャスク。

【請求項9】 板状壁部材の材質は低炭素鋼であることを特徴する請求項1の貯蔵キャスク。

【請求項10】 壁組立体の各壁は、多くて3つの板状壁部材を積層して形成したものであることを特徴とする請求項3の貯蔵キャスク。

【請求項11】 2つの異なる板状壁部材の互いに平行な状態で接合された側縁部は、板状壁部材の境界部に放射線のストリーミング路が形成されないようにする相互嵌合部分を有することを特徴とする請求項7の貯蔵キャスク。

【請求項12】 列状に配置された横断面が多角形の放射性構造体を貯蔵するキャスクであって、放射性構造体列と形状が相補したキャスク内部を固定する壁組立体と、壁組立体の底部に取り付けられた床板と、壁組立体

の頂部に着脱自在に装着できる蓋とを有し、壁組立体は互いに平行な側縁部を備えた複数の別個の平らな金属製板状壁部材から成り、側縁部は板状壁部材の厚さの途中まで侵入しているに過ぎない溶接部によって接合されていることを特徴とする貯蔵キャスク。

【請求項13】 2つの別々の板状壁部材の互いに隣接した状態で接合されている側縁部は、板状壁部材間の境界部に放射線のストリーミング路が生じないようにする相互嵌合部分を有することを特徴とする請求項12の貯蔵キャスク。

【請求項14】 相互嵌合部分は形状が実質的に相補しており、相互に接合された板状壁部材の間の境界部により得られる放射線遮蔽力は、板状壁部材の厚さ全体によって得られる遮蔽力とほぼ同じであることを特徴とする請求項13の貯蔵キャスク。

【請求項15】 壁組立体の各壁は、複数の板状壁部材層で形成されていることを特徴とする請求項12の貯蔵キャスク。

【請求項16】 壁組立体の各壁は単一の部材で形成され、板状壁部材の厚さは互いに実質的に等しく、そして、表面放射線量を少なくとも毎時100ミリレムに低減するに十分な、放射性構造体により放出される放射線に対する遮蔽力を発揮するにほだのめであることを特徴とする請求項12の貯蔵キャスク。

【請求項17】 放射性構造体を相互に離隔した状態で配列するバスケット組立体を更に有することを特徴とする請求項12の貯蔵キャスク。

【請求項18】 バスケット組立体は複数の仕切り板を有し、各仕切り板はバスケット組立体周囲の外縁部で終端し、板状壁部材の内面は外縁部を受け入れる溝を有することを特徴とする請求項17の貯蔵キャスク。

【請求項19】 仕切り板の材質は、アルミニウムとホウ素の合金であることを特徴とする請求項18の貯蔵キャスク。

【請求項20】 隣合う板状壁部材の側縁部は、板状壁部材間の境界部を封止すると共に板状壁部材間の結合部を補強するため、壁組立体の内部と外部にそれぞれ施された内側溶接部と外側溶接部の両方によって互いに接合されていることを特徴とする請求項12の貯蔵キャスク。

【請求項21】 矩形の列状に配置された使用済燃料集合体の貯蔵キャスクであって、使用済燃料集合体列と形状が相補した矩形のキャスク内部を固定する壁組立体と、壁組立体の底部に取り付けられた床板と、壁組立体の頂部に着脱自在に装着される蓋とを有し、壁組立体は複数の別個の平らな金属製板状壁部材から成り、壁組立体の各壁はキャスク内への使用済燃料集合体列の収納時に壁組立体の表面放射線量を毎時100ミリレム以下に低減するに十分な厚さの単一の板状壁部材で形成され、板状壁部材は該板状壁部材の厚さの途中まで侵入してい

るに過ぎない溶接部によって接合された互いに平行な側縁部を備えることを特徴とする貯蔵キャスク。

【請求項22】 2つの別々の板状壁部材の側縁部を接合する溶接部は、板状壁部材の厚さ全体のうち全部で約20%に侵入するに過ぎないことを特徴とする請求項21の貯蔵キャスク。

【請求項23】 2つの別々の板状壁部材の側縁部を接合する溶接部は、板状壁部材の厚さ全体のうち全部で約10%に侵入するに過ぎないことを特徴とする請求項21の貯蔵キャスク。

【請求項24】 2つの別々の板状壁部材の相互に隣接状態で接合された側縁部は、板状壁部材間の境界部に放射線のストリーミング路が生じないようにし、しかも壁組立体を製作し易くする相互嵌合部分を有することを特徴とする請求項21の貯蔵キャスク。

【請求項25】 板状壁部材のうちの1つの側縁部は凹部を有し、該側縁部に接合される板状壁部材の側縁部は凹部と嵌合する突出部分を有し、凹部と突出部分との間の境界部は、燃料集合体列からの放射線の放出方向に関し、折れ曲がった路を構成していることを特徴とする請求項24の貯蔵キャスク。

【請求項26】 放射性構造体を相互に離隔した状態で配列するバスケット組立体を更に有することを特徴とする請求項21の貯蔵キャスク。

【請求項27】 バスケット組立体は複数の仕切り板を有し、各仕切り板はバスケット組立体周囲の外縁部で終端し、板状壁部材の内面は外縁部を受け入れる溝を有することを特徴とする請求項26の貯蔵キャスク。

【請求項28】 バスケット組立体は、平行に且つ等間隔を置いて配置された仕切り板の第1及び第2の組を有し、第1の組は正方形のセルの列を構成するため、第2の組と直交方向に碁盤目状に組まれ、各セルは燃料組立体列をそれぞれ一つずつ収納することを特徴とする請求項27の貯蔵キャスク。

【請求項29】 矩形列状に配置された使用済燃料集合体を貯蔵するキャスクであって、使用済燃料集合体列と形状が相補した矩形のキャスク内部を固定する壁組立体を有し、壁組立体は、4つの低炭素鋼製板状壁部材を有し、各板状壁部材は、キャスク内への使用済燃料集合体列の収納時において壁組立体の表面放射線量を毎時100ミリレム以下に減ずるに十分な厚さを有し、各板状壁部材は壁組立体の単一の壁となり、板状壁部材は壁組立体の内部と外部にそれぞれ施された内側溶接部と外側溶接部とによって接合される互いに平行な側縁部を備え、任意の2つの板状壁部材間の溶接部の深さの合計は板状壁部材の厚さ全体の20%未満であり、互いに隣接した状態で接合された側縁部は板状壁部材間の境界部に放射線のストリーミング路が生じないようにする相互嵌合部分を備えており、バスケット組立体が壁組立体の内部に設けられ、バスケット組立体は互いに平行で等間隔を置

いて配置された仕切り板の第1及び第2の組を有し、仕切り板の第1の組と第2の組は、使用済燃料集合体を収納する矩形列状のセルを固定するよう互いに直交方向に碁盤目状に組むことができ、バスケット組立体の周囲長さは仕切り板の外縁部によって定まり、外縁部は壁組立体を形成する板状壁部材の内面に設けられた互いに平行で且つ等間隔を置いて位置した溝に摺動自在に受け入れられ、更に、床板が壁組立体の底部に取り付けられ、床板の中央部分には、壁組立体によって固定される矩形内部の底部に嵌入できる隆起した矩形の突起部が設けられ、蓋が壁組立体の頂部に着脱自在に装着されることを特徴とする貯蔵キャスク。

【請求項30】 壁組立体の外部の周りに取り付けられた複数の互いに平行な伝熱リブと、伝熱リブの相互間に取り付けられた複数の周囲方向へ向いた伝熱フィンと、平行な伝熱リブと壁組立体の外部と周囲方向フィンの内面の間に形成された空間内に設けられる中性子吸収材料の層とを更に有することを特徴とする請求項29の貯蔵キャスク。

【請求項31】 仕切り板の材質は、アルミニウムとホウ素の合金であることを特徴とする請求項29の貯蔵キャスク。

【請求項32】 隣合う板状壁部材間の相互嵌合部分は形状が相補していることを特徴とする請求項29の貯蔵キャスク。

【請求項33】 接合状態にある板状壁部材によって形成されるコーナー部は面取りされていて、板状壁部材のコーナー部及び中央部分を通して放出される放射線量は同一であることを特徴とする請求項29の貯蔵キャスク。

【請求項34】 4つの溶接可能な金属製の板状壁部材で形成される横断面が矩形の列状放射性構造体の貯蔵キャスクを製作する方法であって、各板状壁部材は、キャスク内への放射性構造体の収納時において貯蔵キャスクの表面放射線量を毎時約100ミリレム未満に低減するに十分な厚さのものであり、前記製作方法において、各板状壁部材の側縁部を相互に当接して接合し、それにより放射性構造体列の外部と形状が相補した内部及び2つの開口端を備えた壁組立体を形成し、側縁部を、板状壁部材の厚さ全体の50%未満にわたり侵入する溶接部によって互いに接合することを特徴とする貯蔵キャスクの製作方法。

【請求項35】 側縁部を壁組立体の内面と外面にそれぞれ施した第1及び第2の溶接部によって接合し、2つの溶接部の厚さの合計は、板状壁部材の厚さの20%未満であることを特徴とする請求項34の貯蔵キャスク製作方法。

【請求項36】 当接状態にある板状壁部材の側縁部にそれぞれ機械加工により凹部と突出部分を形成し、放射性構造体列によって放出される放射線のストリーミング

路を無くすことを特徴とする請求項34の貯蔵キャスク製法。

【請求項37】 バスケット組立体を形成する板状壁部材の外縁部を摺動自在に受け入れてこれらを保持するための等間隔を置いて設けられた互いに平行な溝を各板状壁部材の内面に形成することを特徴とする請求項34の貯蔵キャスク製法。

【請求項38】 床板を壁組立体の開口端のうち一方に固定することを特徴とする請求項34の貯蔵キャスク製法。

【請求項39】 仕切り板を溝内で摺動させることによりバスケット組立体を壁組立体の内部に取り付け、別々の仕切り板の当接状態にある縁部を互いに溶接することを特徴とする請求項38の貯蔵キャスク製法。

【請求項40】 仕切り板は相互に嵌合するスロットを有しており、別々の仕切り板の当接状態にある縁部を互いに溶接する前に、壁組立体の内部で仕切り板を互いに嵌合させることを特徴とする請求項39の貯蔵キャスク製法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、一般に貯蔵キャスクに関し、特に、使用済燃料集合体を原子力発電所の施設で貯蔵するための安価で且つ重量が最少限度に抑えられたキャスクに関する。

【0002】

【従来の技術】 放射性的物質、例えば、使用済燃料集合体の輸送及び貯蔵に用いられるキャスクは先行技術において知られている。かかるキャスクは一般に、鋼製の外側容器だけでなく、鋳鉄から一体成形された円筒形内側容器も有する。使用済燃料集合体内の放射性同位体の崩壊により生じた熱を放散させるための複数の半径方向に延びるフィンが外側容器の周囲に設けられることが多い。さらに、使用済燃料集合体により放出される中性子線を吸収するための中性子吸収材料の層、例えば、水素含有量の多いコンクリート又はポリウレタン材の層が、内側容器と外側容器の間に設けられている。最後に、通常は、キャスク内に収納される使用済燃料集合体を間隔を置いた状態で整然と配列する着脱自在なバスケット組立体が内側容器の内部に設けられる。従来、かかるバスケット組立体は、互いに溶接されて使用済燃料集合体を収納する列状のセルを形成する板状のステンレス鋼で形成されている。隣合う燃料集合体の間に臨界核反応が生じないようにするため、これらステンレス鋼板はかかる反応を妨害するボウ素の板と積層される場合が多い。その上、燃料集合体の間で放射される熱中性子束の量を最少限に抑えるため、2つの隣合う燃料集合体毎の境界部には全て2つの互いに平行な間隔をなして間隔を隔てた板で形成されたフラックストラップも設けられている。

【0003】 従来、かかるキャスクは、種々の米国連邦

政府の規制の中の米国原子力規制委員会（NRC）により作成された貯蔵条件と輸送条件の両方を満足させる対応をなす方針をもって設計されていた。貯蔵条件を満足させるためには、かかる全てのキャスクの表面放射線量を任意の箇所で毎時約200ミリレム以下にするのが良い。さらに、キャスクは、キャスク内に収納された使用済燃料集合体により生じる崩壊熱を効果的に放出できなければならない。もし効果的な放熱メカニズムが無ければ、キャスク内の温度は、特にもし水がキャスク内部に存在するようになっていた場合、危険な圧力レベルを生じさせるに十分高くなる場合がある。輸送条件を満足させるためには、NRCの規制では、キャスクは約150Gの瞬間的な力をキャスクに及ぼす仮想車両事故（これは、キャスクを9mの高さから不撓性の面上に落とすことによりシュミレートされた）の場合の機械的衝撃と同じ大きさの機械的衝撃に耐え得るべきことが定められている。この点においては、かかる機械的衝撃が加わった後でもキャスクの壁が依然として放射性廃棄物を収容し続けられれば充分という訳では無い。さらに、キャスクは、あらゆる箇所において水密性を維持し、外部の水がキャスクの内部へ漏れ込む機会をもたないようにすると共に使用済燃料棒から放出中の中性子を熱化する必要がある。その上、キャスク内のバスケット構造体はその周囲に内側キャスク壁により加えられる約150Gの衝撃力に耐えることができ、この場合、その個々の廃棄物収容セルが著しくは変形しないことが必要である。もしこれらセルがかかる変形を生じると、セル間に取り付けられている中性子フラックストラップの有効性が損なわれ、それによりキャスク内に臨界状態が生じることになる場合がある。

【0004】 これら2つの判定基準を同時に解決するため、従来型キャスクの内側容器の壁を一体に成形すると共に円筒形に形作って大きな値のG力に耐えられるようにしている。さらに、バスケット組立体は、仮想衝撃荷重限度に耐えると共に所要の中性子フラックストラップとなるよう、多数の比較的厚手のステンレス鋼板で作られている。

【0005】 最近、原子力発電所自体に貯蔵される使用済燃料集合体が次第に増大するにつれ、使用済燃料集合体を地上のコンクリート製パッド上に安全に貯蔵できる貯蔵専用キャスクの開発が要望されている。かかるキャスクは原子力発電所の現場で限られた範囲で持ち運びやすい重量及び構造のものであるべきであり、それでいて、かかるキャスクからの表面放射線量はNRCの規定する200ミリレムの限度未満であるべきであるが、キャスク内の内部構造体は、キャスクが原子炉施設の外部に移送されることは無いので、仮想車両事故に関連した大きなG限度に耐え得る必要は無い。かかる貯蔵専用のキャスクに関しては、20～40G程度のG限度に耐えれば足り、これは、約1フィート未満の落下高さでシミ

ュレートできる。また、輸送用キャスクのバスケット組立体の設計において採られた安全措置は、貯蔵専用のキャスクには当てはまりそうもない。

【0006】従来型キャスクを用いて原子力発電所の現場で使用済燃料集合体を単に貯蔵することは可能であろうが、厚手の鉄製内側容器が円筒形なので、使用済燃料集合体は、使用する遮蔽材料の重量との兼ね合いにおいて最適効率よりも低くなる。かかる非効率の原因は、キャスクの内側容器の内部が、キャスク内に収納されている列状の矩形燃料集合体の形状と相補するよう矩形（又は、少なくとも多角形）、外壁が円筒形であることに依る。かかるキャスクについての最大許容表面放射線量はキャスク上の各箇所において毎時最大200ミリレムなので、内側容器の半径を十分に大きく取って、容器の壁が最も薄い円筒形容器の周囲に沿う箇所の何れにおいても（一般に、燃料集合体の矩形列のコーナー部で生じる）、この最大許容表面放射線レベルを越えないようにしなければならない。この最小限度の遮蔽力につき課される要件により、円筒形内側容器の壁は、容器の周囲の他の箇所において必要な厚さよりも必然的に一層厚くなる。標準サイズの輸送／貯蔵キャスクでは、かかる円筒形の内側及び外側容器を用いると、このキャスクの壁の中には大量の過度で且つ不用な遮蔽材が存在することになる。重量に関する他の非効率の原因として、バスケット組立体に比較的重量のあるステンレス鋼が用いられていること、及び隣合う燃料集合体間に中性子フラックストラップが設けられていることが挙げられる。これら2つの原因により結まる所、従来技術で用いられているバスケット組立体が、施設内貯蔵目的のために必要な限度の重量よりも重くなってしまう。かかる従来型バスケット組立体は又、フラックストラップに必要なスペースを取らなければならないので、最大本数の燃料集合体を収容できない。それゆえ、かかるフラックストラップを設ける場合には大型のバスケットが必要になり、これにより、周囲の遮蔽壁の円周長さ（それ故、重量）が増大することになる。施設内貯蔵目的のためのかかる従来型キャスクの使用に関連したもう一つの欠点は、キャスク製作に伴う費用に関してである。矩形又は多角形の内部を備えた一体成形の壁を有する円筒形内側容器を製作するには、費用のかかる機械加工作業を大掛かりに実施する必要がある。さらに、バスケット組立体で用いられる重くて高価なステンレス鋼を互いに溶接する場合、キャスク製作費が全体的に相当増すことになる。

【0007】

【課題を解決するための手段】大まかに言うと、本発明は、従来型輸送／貯蔵キャスクに関し高価であることを含む欠点を無くし、或いは、少なくとも改善する安価で重量が最少限度に抑えられた燃料集合体貯蔵キャスクに係る。本発明の貯蔵キャスクは、横断面が多角形の放射性構造体を貯蔵するキャスクにおいて、放射性構造体と

形状が相補する横断面が多角形のキャスク内部を画定する壁組立体と、壁組立体の底部に取り付けられた床板と、壁組立体の頂部に着脱自在に装着できる蓋とを有し、壁組立体は、互いに平行な状態で接合された側縁部を備え、厚さが一様な複数の平らな金属製板状壁部材から成ることを特徴とする。壁組立体は、表面放射線量を毎時100ミリレム未満にするに充分な厚さのものであり、キャスクの壁組立体を形成する板状壁部材の側縁部は、壁組立体の全厚の50%以下、好ましくは、約10%に過ぎない距離にわたって侵入する溶接部により互いに接合される。壁組立体は複数の板状壁部材を積層して形成できるが、好ましい実施例では、キャスクの製作を簡単にするため、たった一つの板状壁部材を用いて壁組立体の各側部を形成する。壁組立体の横断面形状は、蕎麦目状のバスケット組立体内にぎっしり列状に詰め込まれた燃料集合体を収容するため、代表的には正方形又は矩形である。

【0008】結果的に得られるキャスクの重量を最少限度に抑えるため、板状壁部材の相互接合状態の側縁部は、壁組立体の周囲に一定距離を隔てた箇所にコーナー部を形成し、これらコーナー部は、壁組立体の遮蔽特性がその周囲全体に互に実質的に等しくなる程度まで面取りされている。さらに、2つの別々の板状壁部材の互いに隣接した状態で接合されている側縁部は、板状壁部材間の境界部内に放射線のストリーミング（streaming）路の形成を回避する相互嵌合部分を有する。

【0009】上述のように、キャスクは、キャスク壁組立体の内部に収容された燃料集合体を相互隔離状態で整然と配列するバスケット組立体を更に有する。このバスケット組立体は、2組の互いに平行で且つ等間隔を置いた仕切り板で形成するのが良く、これら2組の仕切り板は蕎麦目状に互いに組まれて燃料集合体の複数の貯蔵セルを形作っている。好ましい実施例では、バスケット組立体を形成する仕切り板の外縁部を摺動自在に受け入れるための互いに平行で且つ等間隔を置いて位置した溝が、壁組立体の内壁の周りに設けられている。仕切り板は、アルミニウムとホウ素の軽量且つ安価な合金で形成するのが良く、そうすれば、隣合う燃料集合体間に臨界核反応が生じることが無いようになる。

【0010】板状壁部材を溶接及び機械加工が容易な金属で作るのが良いが、材質として板材又は鋳物形態の低炭素鋼が好ましい。というのは、これは安価であり、しかも、厚肉品の状態で入手できるからである。

【0011】本発明の貯蔵用キャスク製作方法では、4つの溶接可能な金属製板状壁部材を、床板に設けられた突起部の周りに当接関係をなして垂直方向に配置し、次に、板状壁部材の厚さの50%未満、好ましくは約10%未満の距離に互に侵入する溶接部によって側縁部に沿い接合する。なお、板状壁部材は各々、製作された状態のキャスクの表面放射線量を毎時約100ミリレム未満に

低減するに十分な厚さのものである。本発明の製作方法は、板状壁部材を当接させて溶接する前に、機械加工により、当接状態の側縁部に相互に嵌合する凹部と突出部分を形成してキャスク内に収納される列状の燃料集合体から発生する放射線のストリーミング路を無くす工程を有する。板状壁部材の接合後、バスケット組立体を形成する板状壁部材の外縁部を摺動自在に受け入れてこれを保持する等間隔を置いて位置する互いに平行な溝を板状壁部材の各々の内面に設けるのが良い。バスケット組立体の外縁部をこれら溝内に滑り込ませ、蓋をキャスクの開口端に着脱自在に装着するのが良い。

【0012】

【実施例】今、第1図及び第2図を参照すると（図中、同一の参照番号は同一の部分を示す）、本発明の貯蔵キャスク1は主構成要素として、バスケット組立体7を収納する矩形内部5を備えた低炭素鋼製の内部壁組立体3を有し、バスケット組立体7は、複数の使用済燃料集合体9を、キャスク1の矩形内部5と形状が相補するコンパクトな矩形の配列状態で収納する。キャスク1は更に、水素含有量の高い中性子吸収コンクリート又はセメント層13を含む外部壁組立体11を有し、このコンクリート層13は、内部壁組立体3の外面とキャスク1の周囲に設けられた複数の周囲方向フィン15の内面との間に位置している。一般的に言って、内部壁組立体3の材質である低炭素鋼は、使用済燃料組立体9から出る γ 線をキャスクの表面上で測定して許容レベルまで低減し、他方、水素含有量の高いコンクリート層13は、燃料集合体10から放出される中性子線を許容レベルまで低減する。キャスク1の局所的な移動及び取扱いを容易にするため、上部及び下部の運搬用ラグ16が溶接により内部壁組立体3に直接取り付けられている。キャスク1の床となるよう床板17が内部壁組立体3と外部壁組立体11の双方の底部の周りに溶接され、他方、着脱自在な蓋9がキャスク1のための水密の天井／屋根を構成している。内部壁組立体3及び外部壁組立体11のコーナー部20は図示のように面取りされていて不要な遮蔽物重量がキャスク1から取り除かれていることに注目することが重要である。

【0013】第3A図は、内部壁組立体3の好ましい実施例の横断面を示している。キャスク1のこの実施例では、内部壁組立体3の各側部は、単一の中実板状壁部材23で形成されている。これら板状壁部材23は各々、キャスク1の矩形内部5に収納されている列状の使用済燃料集合体9から出る γ 線を毎時100ミリレム以下のレベルに低減するに十分な厚さになっている。最新型の燃料集合体に封入される核分裂性ウランの濃度は高いので（例えば、4%ウランの初期濃縮度、45GWD/Tまでのバーンアップ、今日の原子力発電施設の使用済燃料プール内における最新型燃料集合体の保管時間の量の減少、例えば、5年間の冷却期間）、本発明者は、キャ

スク1の表面上の γ 線を所望量まで減ずるためには各板状壁部材23が厚さ約12インチの鋼に匹敵する厚さのものであるべきことを算定している。

【0014】板状壁部材23は各々、図示のように相補状態で嵌合する凹部のある側縁部25とフランジのついた側縁部27を有する。このように凹部とフランジが設けられているので、キャスクの矩形内部5に収納されている燃料集合体9から出る放射線についての真っ直ぐなストリーミング路が無くなるだけでなく、板状壁部材23を溶接によって接合する際に板状壁部材23の側縁部を正しい状態に相互保持し易くなるのでキャスク1の組み立てが容易になる。後者の点に関し、重要なことには、板状壁部材23の側縁部の接合に用いられる溶接部はこれら板状壁部材の厚さを完全に貫通してはいないことに注目すべきである。それどころか、溶接部は比較的浅いものが2つしか施されておらず、即ち、深さが1/4インチしかない内側溶接部29及び深さが好ましくは3/4インチの外側溶接部31である。内側溶接部29と外側溶接部31の組合せにより、接合状態にある板状壁部材23の境界に存在する割れ目が効果的に封止され、従って、貯蔵中において水または封入された不活性ガスは内部壁組立体3の内外いずれからも割れ目の中に漏入しないようになり、更に、上記組合せにより、原子炉施設内貯蔵専用のキャスク1に要求される20~40Gの最大限度荷重に耐えるに十分強固な接合部で板状壁部材23が相互に接合される。内側溶接部29及び外側溶接部31が得られやすいよう、板状壁部材23は全て好ましくは低炭素鋼、即ち溶接が容易であるだけでなく強固かつ安価で、しかも機械加工が容易な金属で作られる。各板状壁部材の凹部付き側縁部25は好ましくは、特に内側壁組立体3の重量を軽減し、それにより貯蔵キャスク1の総重量を軽減するための面取り部32を有する。かかる面取りは内部壁組立体3の遮蔽有効性を損なわないで行うことができる。その理由として、燃料集合体9から生じる放射線は矩形内部5の中心線に関し放射状に進行すること、及び、かかる放射線に対する面取り部の遮蔽量は任意の板状壁部材23の中間部分における遮蔽量と同一（または僅かに大きい）であることが挙げられる。

【0015】第3B図は、積層構造の板状壁部材33a、33b、33cを用いる本発明の内部壁組立体3の変形例を示している。積層構造の板状壁部材33a、33b、33cで形成された内部壁組立体3は、中央溶接部35（中間板状壁部材33bを互いに接合している）だけではなく、外側溶接部29、31によっても互いに保持されている。これは上述の単一板状壁部材23と同様である。この場合も又、積層状態の板状壁部材33a、33b、33cの厚さ全体を貫通する溶接部29、31又は35は存在しない。しかしながら、当接状態にある板状壁部材33aの内側コーナー部には内側溶接部

29が設けられており、その目的は組み立て後に得られる壁組立体3の矩形内部5を密封することにある。これに対し、外側溶接部31は当接状態の板状壁部材33cの外面に沿って位置しているが、その目的は組み立て後に得られる内部壁組立体3の外表面を水その他の流体から密封することにある。この実施例では、積層状態の板状壁部材33a、33b、33cのそれぞれの厚さは約4インチであるが、溶接部29、31、35のそれぞれの深さは約1/2インチである。積層状態の板状壁部材33cの外側コーナー部34は図示のように面取りされている。その結果、当接関係にある積層状態の板状壁部材33a、33b、33cの間に生じるジグザクの通路は、望ましくないストリーミングを阻止する内部壁組立体3の矩形内部5に収納される燃料集合体9から出る放射線のための曲がりくねった通路を構成している。

【0016】第1図、第2図及び第4図を参照すると、内部壁組立体の内面36には、複数の互いに平行で且つ等間隔をおいて位置した溝38が設けられている。これら溝38はバスケット組立体7の外縁部40を滑動自在に受け入れる。内部壁組立体3の外表面42は外部壁組立体11に当接し、外部壁組立体11は上述のセメント層13及び周囲方向フィン15と複数の互いに平行で且つ等間隔の伝熱リブ46を組み合わせて形成されている。

【0017】次に、第4図を特に参照すると、伝熱リブ46の内方縁部はそれぞれ一對の溶接部47a、47bによって内部壁組立体3の外表面42に固定され、溶接部47a、47bは伝熱リブを外表面42に直角に接合している。周囲方向フィン15の各々の側縁部は図示のように溶接部50a、50bによって伝熱リブ46の外方縁部に固定されている。伝熱リブ47と周囲方向フィン15は共にそれぞれ好ましくはこれらの相互溶接を容易にするため板状壁部材23と同種の低炭素鋼で作られている。第3A図と第4図を両方参照すれば最も良く分かるように、溶接部47a、47bを施し、溶接部50a、50bを施して全部を完成させると、内部壁組立体3と周囲方向フィン15の内面と各伝熱リブ46の側面との間には、複数のセメント収容セル52が形成される。後で一層詳細に説明するように、内部壁組立体3及び外部壁組立体11の組み立てを終え、そして床板17をこれら壁組立体の底部の周りに固定した後、水素含有量の多いセメント54をセメント収容セル52に注入する。伝熱リブ46及び周囲方向フィン15の目的は、キャスク1の矩形内部5を占める使用済燃料集合体9内の放射性同位体の崩壊によって生じる熱を消散させることにある。放射状に配向したフィンに代えて、周囲方向フィン15を用いて得られる利点は、1989年10月13日に出願された米国特許出願第07/421,262号(発明の名はFuel Rod Shipping Cask Having Peripheral Fin、発明者はLarry E. Efferdingであるが、これはウエスチングハウス・エレクトリック・コーポレイシ

ョンに譲渡されている)に明確に記載されている。かかる米国特許出願の明細書全体を本明細書の一部をなすものとしてここに引用する。

【0018】セメント収容セル52の各々の頂端部は、第5図で最も良く分かる板状キャップ56で覆われている。板状キャップ56の内縁部と外縁部は共に、周囲方向フィン15の上縁部と内部壁組立体3の内面36の上縁部の周りにしっかりと固定されている。その目的は、セメント収容セル52を、水その他の流体から完全に封止することにある。蓋19が内部及び外部壁組立体3、11の上縁部周りの水封止手段となり易いようにするため、板状キャップ56は弾性ガスケット62によって包囲された段部60を有する。ガスケット62を構成するガスケット材料を、正方形のコーナー部を持たせた状態には形成できないので、段部60のコーナー部64は好ましくは約2インチの半径で丸みが付けられている。複数の等間隔を隔てたボルト孔66が、段部60とその外縁部との間で、板状キャップ56の周りに設けられている。もう一度第1図を参照すれば分かるように、ボルト孔66は蓋19の外縁部の周りに位置する複数の等間隔を置いて設けられたボルト孔70との位置合せが可能である。蓋19は更に、蓋19を板状キャップ56上に下降させると、板状キャップ56の上端で段部60内に嵌まり込む密封フランジ74を有する。板状キャップ56への蓋19の固定のためボルト72が用いられる。貯蔵キャスク1から不要な重量を除くため、蓋19のコーナー部77は完全な面取りが施されずに図示のように傾斜がつけられている。

【0019】第1図を再び参照すると、床板17は内部壁組立体3の矩形内部5と形状が相補していてキャスク1の製作の際に内部5に収納される矩形又は正方形の突起部分81を有している。上述したように、床板17は突起部分81の外縁部と内部壁組立体3の内面36との間に位置した溶接部(図示せず)及び周囲方向フィン15の底縁部と床板17のベースの上方外縁部との間の溶接部によって内部壁組立体3と外部壁組立体11の双方に固定されている。床板17のコーナー部83は、内部壁組立体3及び外部壁組立体11によって形成されたキャスク本体の面取りコーナー部と一致するよう面取りされている。これらコーナー部83を蓋19のコーナー部77と同様な傾斜を付けても良いが、かかる傾斜を付けると、もし万が一地震又は事故が起きた場合にひっくり返り易くなり、キャスク1の安定性が損なわれる場合がある。したがって、コーナー部83は、キャスク1を床板17上に立てる時のキャスク1の安定性を高めるため、面取りはされているが、傾斜は付けられていない。

【0020】次に、第1図及び第8図を参照すると、バスケット組立体7は互いに平行で等間隔を置いたプレート又は仕切り板の2つの組87、89で形成されている。第8図を参照すると最も良く分かるように、異なる

組87、89の仕切り板はそれぞれ互いに嵌合するスロット91、93を有し、仕切り板の組87、89が碁盤目状に組み合せて燃料集合体9の正方形の周囲と寸法が非常に近い複数のセル95を形成している。キャスク1は輸送キャスクと関連した150Gの衝撃限度に耐える必要がないので、隣り合う燃料集合体9の間に中性子束トラップ（フラックストラップ）を設ける必要がない。さらに、従来型キャスクで用いられている比較的重くて高価なステンレス鋼に代えて、ホウ酸を混ぜたアルミニウムを仕切り板の平行な組87、89に用いるのがよい。

【0021】本発明のキャスク製作方法では、先ず最初にキャスクの床板17を準備する。次に、各板状壁部材23を機械加工により低炭素鋼から作って各板状壁部材が相補形状を成す凹部付きの側縁部25及びフランジ付きの側縁部27を有するようにする。次に、クレーンを用いて板状壁部材23の底縁部を床板17の外縁部の周りの定位位置に運び、各板状壁部材23の凹部付きの側縁部25及びフランジ付きの側縁部27がその隣の仕切り板23の凹部付きの側縁部25及びフランジ付きの側縁部27と相補状態で嵌合するようにする。次に、好ましくは4つの板状壁部材23を、壁組立体3の外周42の周りに引張り状態で設けた弾性結束材料（図示せず）によって正しい位置に相互反止めする。このように位置決めした状態で、全ての板状壁部材23を、上述の内側溶接部29により、次いで、外側溶接部31により接合する。さらに、各板状壁部材23の底縁部を床板17の突起部分81の外縁部に接合する。本発明の製作方法の次の工程では、伝熱リブ46を溶接部47a、47bによって内部壁組立体3の外周42の周りに取り付ける。さらに、これら伝熱リブ46の底縁部を別の溶接部（図示せず）によって床板17の外縁部に固定する。

【0022】本発明の製作方法の最終工程を説明すると、周囲方向フィン15をその長さ全体に亘って延びる溶接部50a、50bにより伝熱リブ46の外方端部または末端部に固定する。各周囲方向フィン15の底縁部を上述の方法で床板17の外縁部の周りに溶接する。これらの工程を終えると、複数の水密セメント収容セル52がキャスク1の周囲に形成されている。次いで、水素含有量の高いセメントをこれらセル52の各々の中に注入する。セメントに完全乾燥させる機会を与えた後、板状キャップ56を内部壁組立体3及び外部壁組立体11の頂縁部に装着してその内縁部及び外縁部に沿って溶接し、それにより板状キャップ56をキャスク構造体の残りの部分に固定する。次に、溝36を内部壁組立体3の内面の周りに設ける。これを終えた後、バスケット組立体7を、上述の互いに平行なスロット付きの仕切り板87、89の組から形成する。挿入を容易且つ迅速にするための案内として役立つ溝36を利用して、スロット付き仕切り板87、89を一つずつ内部壁組立体3の矩形

内部5に挿入する。仕切り板87、89をキャスク内部5内の定位位置に据え付けた後、市販の遠隔溶接装置をセル開口部内へ挿入し、仕切り板87、89の長さ全体にわたって接合部毎に溶接部を間歇的に施すことにより、仕切り板を溶接する。このように、上述のように製作したキャスク1をバスケットの形体を形作る器具として用いて現場において、バスケット組立体7に剛性を付与するので、製作費が相当節約できる。使用済燃料集合体9をバスケット組立体7に形成された各セル95の中へ下降させた後、蓋19を板状キャップ56上に下降させ、その密封フランジ74を段部60内でガスケット62上に嵌着させる。次に、ボルト72により蓋19をこの位置に固定する。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1図は、本発明の貯蔵キャスクの展開斜視図であり、キャスク矩形内部へのバスケット組立体の嵌入方法及び内部壁組立体と外部壁組立体への床板と蓋のそれぞれの取付け方法を示す図である。

【図2】第2図は、2-2線における第1図に示すキャスクの横断面側面図である。

【図3】第3A図は、3A-3A線における第1図に示すキャスクの横断面平面図、第3B図はキャスクの内部壁組立体に関し、内部壁組立体が積層状態の板状壁部材で構成されているような変形例の構造を示す図である。

【図4】第4図は、一点鎖線で描いた円の囲む第3A図の部分の拡大図である。

【図5】第5図は、蓋を除去した状態で示す第1図のキャスクの平面図である。

【図6】第6図は、番号「6」で指示した一点鎖線の円によって囲まれた第5図の部分の拡大図である。

【図7】第7図は、番号「7」で示した一点鎖線の円によって囲まれた第5図の部分の拡大図である。

【図8】第8図は、キャスクのバスケット組立体を形成する仕切り板のうち2つの斜視図であり、これら仕切り板が碁盤目状に互いにどのように嵌合するかを示す図である。

【符号の説明】

- 1 貯蔵キャスク
- 3 内部壁組立体
- 5 矩形内部
- 7 バスケット組立体
- 9 燃料集合体
- 11 外部壁組立体
- 15 フィン
- 17 床板
- 19 着脱自在な蓋
- 20 コーナー部
- 23 板状壁部材
- 25 凹部が設けられた側縁部
- 27 フランジが設けられた側縁部

3 2 面取り部

4 6 伝熱リブ

【図1】

【図2】

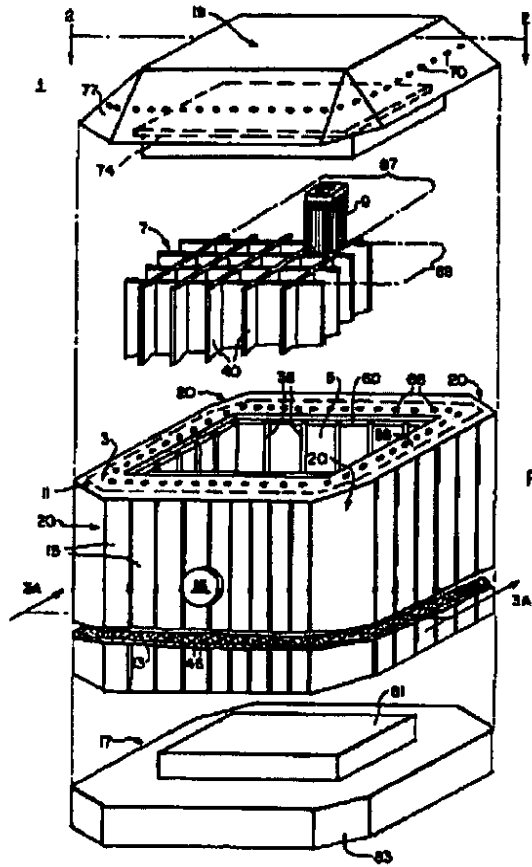


FIG. 1.

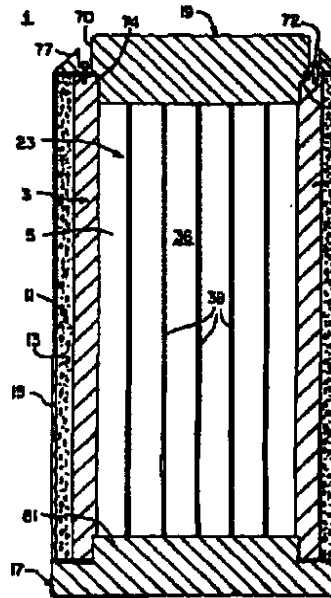


FIG. 2.

【図6】

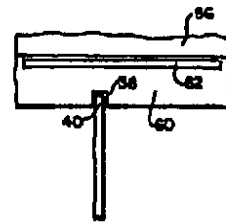


FIG. 6.

【図7】

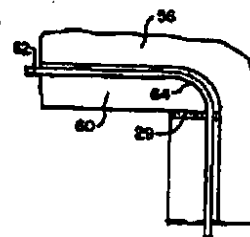


FIG. 7.

【図4】

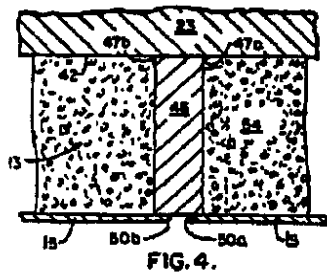


FIG. 4.

【図5】

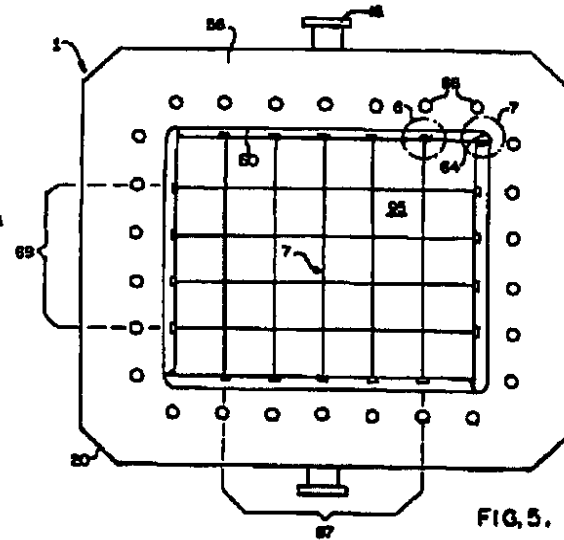


FIG. 5.

【図3】

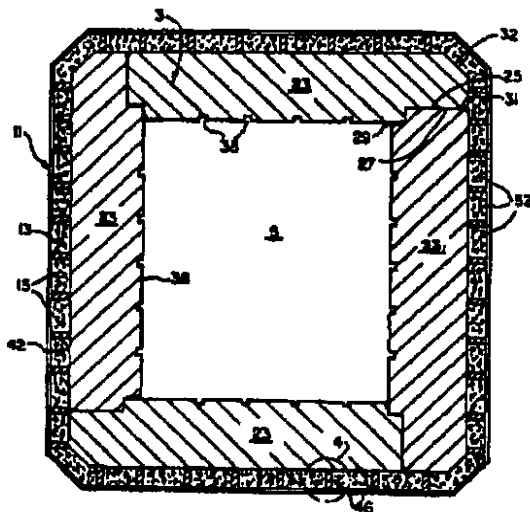


FIG. 3A.

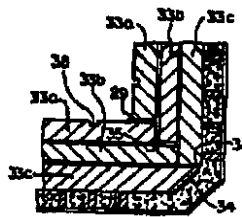


FIG. 3B.

【図8】



FIG. 8.

フロントページの続き

(51) Int. Cl.³

G 2 1 F 9/36

識別記号 庁内整理番号

5 0 1 G 7156-2G

F I

技術表示箇所